

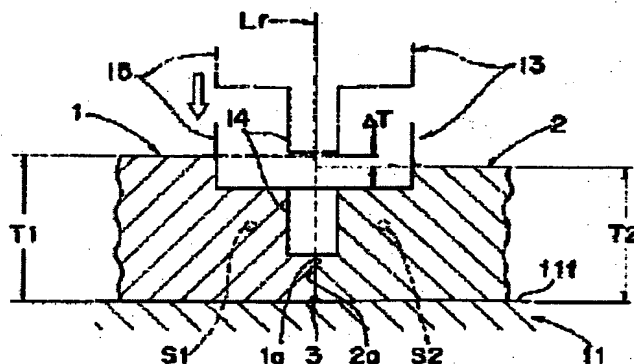
**METHOD AND EQUIPMENT FOR WELDING METALLIC MEMBER**

**Patent number:** JP2002283071  
**Publication date:** 2002-10-02  
**Inventor:** SAKAMOTO KAZUO; NISHIGUCHI KATSUYA  
**Applicant:** MAZDA MOTOR  
**Classification:**  
- **International:** B23K20/12; B23K20/24; B23K20/12; B23K20/24;  
(IPC1-7): B23K20/12; B23K20/24  
- **European:**  
**Application number:** JP20010084876 20010323  
**Priority number(s):** JP20010084876 20010323

Report a data error here

**Abstract of JP2002283071**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for welding metallic members and its equipment which ensure friction stir welding even in the case of joining different kinds of materials or between such difficult-to-weld metallic members as injection molded articles.  
**SOLUTION:** The welding surfaces 1a, 2a of metallic members 1, 2 to be joined are abutted on each other, while a rotary body 13 is brought into contact with the abutting part 3, and advanced along this abutting part 3; thus, frictional heat is generated at and near the abutting part, so that both metallic members are joined together by the friction stir welding in this method. A high temperature strength being different between the two metallic members, the extent of the temperature rise due to the frictional heat generated at and near the abutting part, which takes place in proximity to the area where the rotary body comes into contact with each metallic member, is set to be larger in the first metallic member having a high high-temperature strength than in the second metallic member having a low high-temperature strength.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

1/19/1 DIALOG(R)File 351:Derwent WPI (c) 2006 Thomson Derwent. All rts. reserv.

015019529 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2003-080046/200308

XRAM Acc No: C03-021266

XRPX Acc No: N03-062448

Friction welding of metallic components, involves selecting components having differing high temperature strength, so that the components are held at high and low temperatures respectively, during welding

Patent Assignee: MAZDA KK (MAZD )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2002283071	A	20021002	JP 200184876	A	20010323	200308 B

Priority Applications (No Type Date): JP 200184876 A 20010323

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2002283071	A		11	B23K-020/12	

Abstract (Basic): JP 2002283071 A

NOVELTY - Metallic components (1,2) of differing high temperature strength are made to contact, so as to maintain the components at low and high temperatures respectively, during friction welding. Frictional heat is generated when contact portion (3) of the joint surfaces (1a,2a) of the components faces a rotation cylinder (13), to join the components.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is included for friction welding equipment.

USE - For friction welding of magnesium and aluminum alloy components.

ADVANTAGE - A required joint strength is obtained more reliably in case of friction joining of metallic components, as metallic components of differing high temperature strength is selected. Metallic components with dissimilar metals which are difficult to weld or injection molded products can be joined reliably by friction joining.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows an enlarged cross-sectional explanatory drawing showing the contact portion of the joint surfaces of the two metallic components and the rotation cylinder.

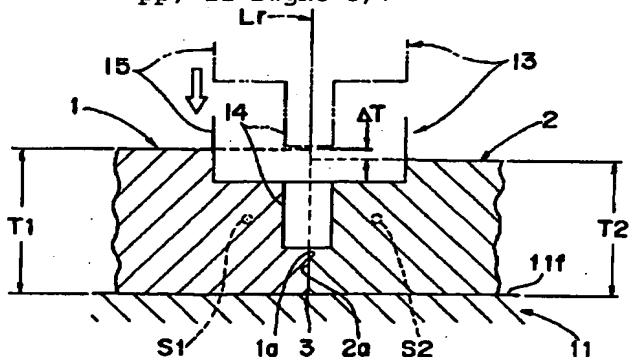
Metallic components (1,2)

Joint surfaces (1a,2a)

Contact portion (3)

Rotation cylinder (13)

pp; 11 DwgNo 3/7



Title Terms: FRICTION; WELD; METALLIC; COMPONENT; SELECT; COMPONENT; DIFFER ; HIGH; TEMPERATURE; STRENGTH; SO; COMPONENT; HELD; HIGH; LOW;

<http://www.dialogweb.com/cgi/dwclient?req=1140037776420>

2/15/2006

TEMPERATURE; RESPECTIVE; WELD  
Derwent Class: M23; P55  
International Patent Class (Main): B23K-020/12  
International Patent Class (Additional): B23K-020/24  
File Segment: CPI; EngPI  
Manual Codes (CPI/A-N): M23-E01

Derwent WPI (Dialog® File 351): (c) 2006 Thomson Derwent. All rights reserved.

---

© 2006 Dialog, a Thomson business

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-283071

(P2002-283071A)

(43) 公開日 平成14年10月2日 (2002.10.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 20/12  
20/24

識別記号

3 1 0

F I

B 2 3 K 20/12  
20/24

テ-マコード\*(参考)

3 1 0 4 E 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-84876(P2001-84876)

(22) 出願日 平成13年3月23日(2001.3.23)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 坂本 和夫

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(72) 発明者 西口 勝也

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ  
株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外1名)

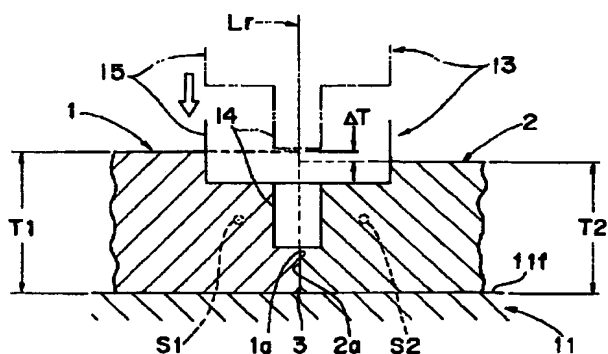
Fターム(参考) 4E067 AA05 AA06 BG00 DA00

(54) 【発明の名称】 金属部材の接合方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 異種材料あるいは射出成形品等の溶接困難な金属部材どうしを接合する場合であっても、確実に摩擦攪拌接合できる金属部材の接合方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 接合対象の金属部材1, 2の接合面1a, 2aどうしを当接させ、この当接部分3に回転体13を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合方法であって、両金属部材の高温強度が異なっており、上記当接部分及びその近傍に発生した摩擦熱による、各金属部材の回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いについて、高温強度の高い第1金属部材の方が高温強度の低い第2金属材料よりも大きくなるように設定されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合方法であって、

上記2つの金属部材の高温強度が異なっており、上記当接部分及びその近傍に発生した摩擦熱による各金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いについて、高温強度の高い第1金属部材の方が高温強度の低い第2金属材料よりも大きくなるように設定されていることを特徴とする金属部材の接合方法。

【請求項2】 接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合方法であって、

上記2つの金属部材の熱伝導率が異なっており、上記当接部分及びその近傍に発生した摩擦熱による各金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いについて、熱伝導率の高い第1金属部材の方が熱伝導率の低い第2金属材料よりも大きくなるように設定されていることを特徴とする金属部材の接合方法。

【請求項3】 上記回転体の上記第1金属部材に対する接触面積が、上記第2金属部材に対する接触面積よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の金属部材の接合方法。

【請求項4】 上記各金属部材の厚さについて、上記第1金属部材の方が上記第2金属部材よりも厚く設定されており、上記回転体は、上記当接部分の厚さ方向へ進行する際には、上記第1金属部材の方に先に接触することを特徴とする請求項3記載の金属部材の接合方法。

【請求項5】 上記回転体の回転中心線が、上記第1金属部材側に所定量だけ偏った位置に設定されていることを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の金属部材の接合方法。

【請求項6】 上記両金属部材は共に平板状に形成され、該両金属部材と上記回転体とは、両金属部材の平面方向において上記当接部分に沿って相対的に移動するように設定されており、

上記回転体の金属部材との接触面が、上記両金属部材の相対的な移動方向について後側が所定角度開くように、上記回転体の回転中心線が所定角度だけ傾斜するように設定され、かつ、

上記回転体の回転軌跡の接線のうち上記両金属部材の相対的な移動方向と一致する方向の接線について、上記第1金属部材側の接線ベクトルの向きが上記両金属部材の移動速度ベクトルの向きと一致するように、上記回転体

の回転方向が設定されている、ことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の金属部材の接合方法。

【請求項7】 上記第1金属部材と第2金属部材とが異種材料であることを特徴とする請求項1～請求項6のいずれかに記載の金属部材の接合方法。

【請求項8】 上記第1金属部材がアルミニウム若しくはその合金材料で形成され、上記第2金属部材がマグネシウム若しくはその合金材料で形成されていることを特徴とする請求項7記載の金属部材の接合方法。

【請求項9】 上記第1金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の温度が、300℃以上で450℃未満の範囲となるように設定されていることを特徴とする請求項8記載の金属部材の接合方法。

【請求項10】 上記第2金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の温度が、300℃以上で450℃未満の範囲となるように設定されていることを特徴とする請求項9記載の金属部材の接合方法。

【請求項11】 接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合方法であって、

上記2つの金属部材の少なくとも何れか一方が、鋳造法若しくは射出成形法にて製作されていることを特徴とする金属部材の接合方法。

【請求項12】 接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合装置であって、

上記2つの金属部材を、その接合面どうしを実質的に当接させた状態で支持するベース部と、

上記両金属部材の接合面どうしの当接部分に接触する回転体と、

該回転体をその回転中心線の回りに回転自在に支持する回転体支持手段と、

該回転体を上記当接部分の厚さ方向に移動させる第1移動手段と、

上記回転体と上記当接部分とを、該当接部分の厚さ方向と略直交する面内で上記当接部分に略沿った所定方向へ相対的に移動させる第2移動手段とを備え、

上記回転体支持手段には、上記回転体の回転中心線の位置及び傾斜状態の少なくとも何れか一方を調節する調節手段が設けられている、ことを特徴とする金属部材の接合装置。

【請求項13】 上記回転体の先端側には、所定直径の第1円柱部と、該第1円柱部の直径よりも大径で第1円柱部の基端側を支持する第2円柱部とが設けられ、上記

両金属部材を摩擦攪拌接合する際には、上記回転体は、上記第2円柱部が上記両金属部材に所定量押し込まれるまで、該両金属部材の接合面どうしの当接部分の厚さ方向に移動させられることを特徴とする請求項1記載の金属部材の接合装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、2つの金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合方法及びその装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】従来、2つの金属部材どうしを接合する接合法の1種として、金属部材の接合面どうしを例えば突き合せて実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら進行させることで、その際に発生する摩擦熱と回転体の攪拌作用により、上記当接部分およびその近傍の両金属材料に塑性状態を生じさせ、この塑性状態の材料部分（可塑性部分）を凝固させることによって、両金属部材どうしを接合する、所謂、摩擦攪拌接合法は公知である（例えば、特許第2712838号公報参照）。

【0003】この摩擦攪拌接合法によれば、従来一般的に幅広く採用されている溶接法による接合とは異なり、金属部材どうしをその接合部分で溶融させることなく接合することができる。従って、溶接性が悪くて従来では接合が困難とされていた、例えばアルミニウム若しくはその合金等の接合に適用できる方法として注目されている。

【0004】ところで、板状の部材（所謂、ブランク材）を構造部材として用いる場合、要求される剛性或いは強度特性が部位に応じて異なる場合がある。このような場合、要求特性が高い方に合わせて材質や板厚などが選定されるのが、従来、一般的である。これに対して、強度や剛性についての要求特性が高い部分と低い部分とで材質や板厚の異なる板材を用意し、両者を突き合わせ溶接等で接合して1枚のブランク材を形成し、この予備成形体としてのブランク材にプレス加工等の塑性加工を施して最終的な成形体を得るようにした、所謂、ティラードブランク法が知られており、材料歩留まりを向上させて材料コストをより低減できるブランク材の製作方法として、近年、普及しつつある。

##### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】このように強度や剛性など物理的特性が異なる金属部材どうしを接合する場合、特に、両者が異種材料どうしの場合には、一般に、溶接によって接合することは困難である。とりわけ、アルミニウム（以下、適宜、その化学記号Alで表記する。）或いはその合金とマグネシウム（以下、適宜、その化学記号Mgで表記する。）或いはその合金の場合には、本来、両者共に溶接性が悪く、溶接による接合がほ

ぼ不可能とされていた。

【0006】更にまた、2つの金属部材の少なくとも何れか一方が鋳造或いは射出成形で製作されたもの場合には、部材製作時に不可避的にガスが内包されており、これが溶接時に接合部に巻き込まれて欠陥を生じやすいので、接合部を材料の溶融温度以上に加熱して溶融状態とする、溶接などの融接法では健全な接合部を得ることができなかった。

【0007】この発明は、上記技術的課題に鑑みてなされたもので、2つの金属部材の少なくとも何れか一方が鋳造或いは射出成形で製作された金属部材であっても両者を確実に接合でき、また、両金属部材が物性の異なるものであっても確実に接合でき、特に、両者が異種材料であっても確実に接合できる、金属部材の接合方法及びその装置を提供することを基本的な目的とする。

##### 【0008】

【課題を解決するための手段】本願発明者らは、溶接性が悪い金属部材を確実に接合する方法を研究し開発する中で、摩擦攪拌接合法では金属部材どうしを非溶融状態で接合できることに着目し、更に鋭意研究を重ねた結果、この摩擦攪拌接合法を用いることにより、2つの金属部材の少なくとも何れか一方が鋳造或いは射出成形で製作された金属部材であっても両者を確実に接合できること、また、接合すべき金属部材どうしの接合部およびその近傍に発生させる摩擦熱による各金属部材の温度上昇の度合いを、各金属部材の物性あるいは材質に応じて変えることにより、或いは、回転体の金属部材に対する接触面の傾斜状態や回転方向などの接合条件を好適に設定することにより、従来では接合がほぼ不可能とされていた材料の金属部材でも、確実に接合できることを見出し、本願発明に至ったものである。

【0009】そこで、本願の請求項1に係る発明（以下、第1の発明という）は、接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合法であって、上記2つの金属部材の高温強度が異なっており、上記当接部分及びその近傍に発生した摩擦熱による各金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いについて、高温強度の高い第1金属部材の方が高温強度の低い第2金属材料よりも大きくするように設定されていることを特徴としたものである。

【0010】また、本願の請求項2に係る発明（以下、第2の発明という）は、接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材

の接合方法であって、上記2つの金属部材の熱伝導率が異なり、上記当接部分及びその近傍に発生した摩擦熱による各金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いについて、熱伝導率の高い第1金属部材の方が熱伝導率の低い第2金属材料よりも大きくなるように設定されていることを特徴としたものである。

【0011】更に、本願の請求項3に係る発明(以下、第3の発明という)は、上記第1又は第2の発明において、上記回転体の上記第1金属部材に対する接触面積が、上記第2金属部材に対する接触面積よりも大きく設定されていることを特徴としたものである。

【0012】また更に、本願の請求項4に係る発明(以下、第4の発明という)は、上記第3の発明において、上記各金属部材の厚さについて、上記第1金属部材の方が上記第2金属部材よりも厚く設定されており、上記回転体は、上記当接部分の厚さ方向へ進行する際には、上記第1金属部材の方に先に接触することを特徴としたものである。

【0013】また更に、本願の請求項5に係る発明(以下、第5の発明という)は、上記第3又は第4の発明において、上記回転体の回転中心線が、上記第1金属部材側に所定量だけ偏った位置に設定されていることを特徴としたものである。

【0014】また更に、本願の請求項6に係る発明(以下、第6の発明という)は、上記第1又は第2の発明において、上記両金属部材は共に平板状に形成され、該両金属部材と上記回転体とは、両金属部材の平面方向において上記当接部分に沿って相対的に移動するように設定されており、上記回転体の金属部材との接触面が、上記両金属部材の相対的な移動方向について後側が所定角度開くように、上記回転体の回転中心線が所定角度だけ傾斜するように設定され、かつ、上記回転体の回転軌跡の接線のうち上記両金属部材の相対的な移動方向と一致する方向の接線について、上記第1金属部材側の接線ベクトルの向きが上記両金属部材の移動速度ベクトルの向きと一致するように、上記回転体の回転方向が設定されている、ことを特徴としたものである。

【0015】また更に、本願の請求項7に係る発明(以下、第7の発明という)は、上記第1～第6の発明のいずれかにおいて、上記第1金属部材と第2金属部材とが異種材料であることを特徴としたものである。

【0016】また更に、本願の請求項8に係る発明(以下、第8の発明という)は、上記第7の発明において、上記第1金属部材がアルミニウム若しくはその合金材料で形成され、上記第2金属部材がマグネシウム若しくはその合金材料で形成されていることを特徴としたものである。

【0017】また更に、本願の請求項9に係る発明(以下、第9の発明という)は、上記第8の発明において、上記第1金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の

温度が、300℃以上で450℃未満の範囲となるように設定されていることを特徴としたものである。

【0018】ここに、第1金属部材(アルミニウム若しくはその合金材料)の上記回転体が接触する領域の近傍の温度について、その下限値を300℃としたのは、この値を下回る温度では第1金属部材を十分に摩擦攪拌することができないからであり、また、上限値を450℃としたのは、この値を越えると、上記第1金属部材に部分的溶融が生じたり高温酸化する惧れがあり、健全な接合部を得ることが難しくなるからである。

【0019】また更に、本願の請求項10に係る発明(以下、第10の発明という)は、上記第9の発明において、上記第2金属部材の上記回転体が接触する領域の近傍の温度が、300℃以上で450℃未満の範囲となるように設定されていることを特徴としたものである。

【0020】ここに、第2金属部材(マグネシウム若しくはその合金材料)の上記回転体が接触する領域の近傍の温度について、その下限値を300℃としたのは、この値を下回る温度では第2金属部材を十分に摩擦攪拌することができないからであり、また、上限値を450℃としたのは、この値を越えると、上記第2金属部材に部分的溶融が生じたり高温酸化する惧れがあり、健全な接合部を得ることが難しくなるからである。

【0021】また、本願の請求項11に係る発明(以下、第11の発明という)は、接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合方法であって、上記2つの金属部材の少なくとも何れか一方が、鋳造法若しくは射出成形法にて製作されていることを特徴としたものである。

【0022】更に、本願の請求項12に係る発明(以下、第12の発明という)は、接合されるべき2つの金属部材の接合面どうしを実質的に当接させ、この当接部分に回転体を接触させながら該当接部分に沿って進行させることで、該当接部分及びその近傍に摩擦熱を発生させ、両金属部材どうしを摩擦攪拌接合により接合する金属部材の接合装置であって、上記2つの金属部材を、その接合面どうしを実質的に当接させた状態で支持するベース部と、上記両金属部材の接合面どうしの当接部分に接触する回転体と、該回転体をその回転中心線の回りに回転自在に支持する回転体支持手段と、該回転体を上記当接部分の厚さ方向に移動させる第1移動手段と、上記回転体と上記当接部分とを、該当接部分の厚さ方向と略直交する面内で上記当接部分に略沿った所定方向へ相対的に移動させる第2移動手段とを備え、上記回転体支持手段には、上記回転体の回転中心線の位置及び傾斜状態の少なくとも何れか一方を調節する調節手段が設けられている、ことを特徴としたものである。

【0023】また更に、本願の請求項13に係る発明（以下、第13の発明という）は、上記第12の発明において、上記回転体の先端側には、所定直径の第1円柱部と、該第1円柱部の直径よりも大径で第1円柱部の基端側を支持する第2円柱部とが設けられ、上記両金属部材を摩擦攪拌接合する際には、上記回転体は、上記第2円柱部が上記両金属部材に所定量押し込まれるまで、該両金属部材の接合面どうしの当接部分の厚さ方向に移動させられることを特徴としたものである。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について、添付図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の実施の形態に係る摩擦攪拌接合法によって接合される金属部材および回転体の配置構造を概略的に示す平面説明図である。また、図2は、本発明の実施の形態に係る摩擦攪拌接合を行う接合装置の構成を概略的に示すもので、図1のY2-Y2線に沿った断面における装置の断面説明図である。

【0025】これらの図に示すように、本実施の形態に係る接合装置10は、接合対象たる2つの板状の金属部材1, 2を載置した状態で支持するベース板11を備えており、上記両金属部材1, 2は、両者を突き合わせてその接合面1a, 2aどうしを実質的に当接させた状態で、上記ベース板11の上面11f（基準面）に載置され支持される。また、ベース板11の上方には、該ベース板11に対向して複数のクランプ治具12が左右に対を成すように配置されており、ベース板11の上面11f上に支持された各金属部材1, 2は、それぞれクランプ治具12によってベース板11に対してクランプされ固定される。

【0026】ベース板11の上方には、更に、軸線Lrを中心にして回転する2段円柱状の回転円柱体13が配設されており、この回転円柱体13の基端側に一体形成された回転軸13sは、ホルダ16によって軸線Lrの回りに回転自在に支持されている。上記回転軸13sは、モータ21によって回転させられる。

【0027】上記回転円柱体13は、小径の円柱体でなる回転プロープ14と、このプロープ14よりも大径の円柱体で該プロープ14の基端側に一体的に設けられた回転基部15とで構成されている。この回転プロープ14及び回転基部15は、例えば、少なくともその表面部が所定硬度に熱処理された鋼によって形成されている。尚、上記回転プロープ14、回転基部15が、本願請求項に記載した「第1円柱部」、「第2円柱部」にそれぞれ相当している。

【0028】また、上記接合装置10には、上記両金属部材1, 2の接合面1a, 2aどうしの当接部分3の厚さ方向（図2における上下方向）へ上記回転円柱体13を所定速度で移動させる移動手段（第1移動手段）が設けられている。この第1移動手段は、従来公知の手段、

例えば油圧駆動のシリンダ装置（第1シリンダ22）で構成され、上記ホルダ16に付設されている。

【0029】更に、接合装置10には、上記両金属部材1, 2の接合面1a, 2aどうしの当接部分3と上記回転円柱体13とを、当接部分3の厚さ方向と略直交する面内で（つまり、ベース板11の基準面11fと平行な面内で）当接部分3に沿った所定方向（当接部分3の平面視におけるラインに沿った方向で、図1における白抜き矢印K方向）へ所定速度で相対的に移動させる移動手段（第2移動手段）が設けられている。この第2移動手段は、従来公知の手段、例えば油圧駆動のシリンダ装置（第2シリンダ23）で構成され、本実施の形態では、例えばベース板11に付設されている。尚、この第2移動手段を上記ホルダ16に付設して、このホルダ16側を（つまり、回転円柱体13側を）移動させるようにしても良い。

【0030】また更に、上記回転円柱体13を回転自在に支持する上記ホルダ16には、回転円柱体13の回転軸線Lrの位置および傾斜状態の少なくとも何れか一方（本実施の形態では両方）を調節する調節手段が付設されている。この調節手段は、従来公知の手段、例えば、ホルダ16とその支持部（不図示）との間に調整シムを組み込んだ調節機構24で構成されている。

【0031】この調節手段を用いることにより、上記回転円柱体13の回転軸線Lrを2つの金属部材1, 2の何れか一方側に所定量だけ偏った位置に設定することができる。また、図4に詳しく示すように、上記プロープ14の金属部材1, 2との接触面14fが、金属部材1, 2の（つまり、ベース板11の）相対的な移動方向（矢印Kの方向）について後側が所定角度 $\beta$ （本実施の形態では、略1度）だけ開くように、回転円柱体13の回転軸線Lrを所定角度 $\beta$ だけ傾斜させることができる。

【0032】上記接合装置10は、例えばマイクロコンピュータを主要部として構成された制御ユニットCUを備えており、上記回転モータ21並びに第1及び第2シリンダ22及び23は、上記制御ユニットCUに信号授受可能に接続され、該制御ユニットCUからの命令信号により駆動制御されるようになっている。

【0033】尚、上記第1及び第2の移動手段並びに調節手段は、何れも従来公知の装置あるいは機構と同様のもので同様の作用を成すものであるため、それぞれの具体的な構成についての詳細な図示および説明は省略する。また、上記各手段としては、上述のシリンダ装置や調整シムに限定されるものではなく、従来公知の種々の装置あるいは機構を用いることができることは言うまでも無い。

【0034】次に、本実施の形態に係る金属部材の接合方法について説明する。本実施の形態に係る摩擦攪拌接合法による金属部材の接合の良否を調べるために、以上



のように構成された接合装置1を用いて、種々の試験を行った。これらの試験では、接合されるべき第1金属部材1、第2金属部材2として、それぞれ以下に示すアルミニウム（Al）合金、マグネシウム（Mg）合金で成る板状部材を用いた。

- ・第1金属部材1：Al合金（5754圧延材）
- ・第2金属部材2：Mg合金（AM60B射出成形材）

尚、上記AM60B射出成形材はASTM規格B93Mに準拠したものであり、また、上記5754圧延材はJIS規格H4000付属書に記載のものと同様のAl合金

圧延材である。

【0035】上記Mg合金部材（金属部材2）は、製造時に不可避免的にガスを内包するために、一般に、溶接による接合は極めて困難で実際上不可能とされている射出成形法で、特に半熔融射出成形法により製造されたものである。これら両金属部材1、2の化学成分を、表1、表2に示す。これらの表において、各数字の単位は全て重量%である。

【0036】

【表1】

第1金属部材 (Al合金)	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
	0.4	0.4	0.1	0.5	3.1	0.3	0.2	0.15	Bal.

【0037】

【表2】

第2金属部材 (Mg合金)	Al	Mn	Fe	Ni	Cu	Mg
	6.1	0.32	0.002	0.001	0.002	Bal.

【0038】尚、Al、Mgの熱伝導率 $[0.4814\text{W}/\text{m}\cdot\text{K} (0\sim 100^\circ\text{C})]$ はそれぞれ0.57、0.40で、Alの方がMgよりも高く、また、高温強度（主として引張強度）についても、通常、Alの方がMgよりも高いことが知られている。

【0039】また、接合条件として、回転円柱体13の回転速度および金属部材1、2の移動速度（各金属部材1、2の接合面1a、2aどうしの当接部分3と上記回転円柱体13との相対速度）は、以下の通りとした。

- ・回転円柱体13の回転速度：1600 [rpm]
- ・両金属部材1、2の移動速度：89 [mm/min]

【0040】まず、第1及び第2金属部材1及び2の板厚を種々変更して、板厚の違いが接合性に及ぼす影響を調べる試験を行った。この試験は、2種類の基準板厚（2mm及び3mm）を定め、各規準板厚毎にその近辺で試験片の実際の板厚を複数種類に変更し、第1金属部材1の方が厚い場合、両金属部材1、2の厚さが略等しい場合（板厚比が1対1）、更には第2金属部材2の方が厚い場合（基準板厚が2mmの場合のみ）について、上述の条件で摩擦攪拌接合を行い、それぞれの場合について接合性を調べた。

【0041】本試験では、各規準板厚（2mm及び3mm）について、プローブ14の長さ $L_p$ 及びプローブ14の押し込み量 $D_p$ （図2参照）をそれぞれ、以下のよう設定した。

- ・基準板厚2mm： $L_p=1.5\text{mm}$ 、 $D_p=1.72\text{mm}$
- ・基準板厚3mm： $L_p=2.3\text{mm}$ 、 $D_p=2.58\text{mm}$

すなわち、先端のプローブ14だけでなく、その基端側の回転基部15の一部も金属部材1、2内に押し込まれ、各金属部材1、2と接触して摩擦熱の発生に寄与す

るようになっている。

【0042】このように、金属部材を摩擦攪拌接合する際には、回転円柱体13の先端側に位置する小径のプローブ14だけでなく、その基端側を支持する大径の回転基部15も両金属部材1、2に所定量まで押し込まれるので、回転円柱体3と両金属部材1、2との接触面積が大きくなり、より効率の高い摩擦攪拌接合を行うことができるのである。

【0043】この場合、図3に詳しく示すように、ベース板11の基準面11f上に載置された両金属部材1、2の板厚に差があれば、厚い方の金属部材（図3の例では金属部材1：板厚 $T_1$ ）が板厚差 $\Delta T$ だけ上方に突出することになるので、回転円柱体13は、両金属部材1、2の接合面1a、2aどうしの当接部分3の厚さ方向へ進行する際には（図2及び図3における白抜き矢印方向参照）、厚い方の金属部材（図3の例では第1金属部材1）の方に先に接触する。従って、回転円柱体13の第1金属部材1に対する接触面積は、第2金属部材2（板厚 $T_2$ ）に対する接触面積よりも確実に大きくなる。

【0044】本実施の形態で用いた材料の組み合わせの場合、接合性が悪ければ、接合強度を測定する以前にそもそも両者が接合せず、目視で容易に不良判定が可能である。また、接合性が良くて両者が接合したものについては、その接合部の機械的特性に関して、いずれも略50MPa以上の引張強度が得られた。

【0045】試験結果を図5のグラフに示す。このグラフから良く分かるように、熱伝導率、高温強度が高い第1金属部材1（Al合金）の方を熱伝導率、高温強度が低い第2金属部材2（Mg合金）よりも厚く設定した場合には、図5において○印で示されるように、いずれも良好な接合性が得られた。これに対して、両者1、2の板厚を略等しく設定した場合、或いは、第2金属部材2

を第1金属部材1よりも厚く設定した場合には、図5において×印で示されるように、いずれも接合性が悪く両金属部材1、2を接合することができなかった。

【0046】また、上記板厚を変えた接合試験と併せて、接合対象たる金属部材1、2の接合面1a、2aどうしの当接部分3の近傍部位（つまり、上記回転円柱体13が接触する領域の近傍部位）における摩擦攪拌接合に伴う温度上昇度合いを計測した。この計測は、各金属部材1、2の内部で上記当接部分3の近傍部位にそれぞれ温度センサS1、S2（図1～図3参照）を埋設して行うものである。かかる温度センサS1、S2としては、例えば従来公知の熱伝対を用いた。尚、他のタイプの温度センサを用いても良いことは勿論である。

【0047】この当接部分近傍の温度上昇度合いの測定結果の一例を、図6及び図7のグラフに示す。図6のデータは、図5に示した「本発明実施例1」に対応したものであり、また、図7のデータは図5に示した「比較例1」に対応したものである。尚、図6及び図7のグラフにおいて、□印でプロットした曲線は第1金属部材1（A1合金）の温度データを示し、●印でプロットした曲線が第2金属部材2（Mg合金）の温度データを示している。

【0048】また、これら図6及び図7のグラフにおいて、横軸は接合装置1が稼働開始時点からの時間[秒]を示しているが、この稼働開始から回転円柱体13が移動して温度センサS1、S2の埋設箇所に対応する部位に至るまでの時間は、ある程度のバラツキを必然的に伴うので、この場合、温度のピーク（極大点）に至るまでの時間は余り重要な意義は無く、ピーク時の温度が重要である。

【0049】図7のグラフから良く分かるように、両金属部材1、2の板厚が略等しい比較例1の場合には、熱伝導率、高温強度が高い第1金属部材1（A1合金）の方が熱伝導率、高温強度が低い第2金属部材2（Mg合金）よりも、上記当接部分3近傍のピーク温度が低くなっており、第1金属部材1（A1合金）に十分な摩擦攪拌を生じせしめるに足る温度である300℃に達していない。尚、第2金属部材2（Mg合金）の方は、第2金属部材2（Mg合金）に十分な摩擦攪拌を生じせしめるに足る温度である略300℃に達している。

【0050】このため、高温強度が高い第1金属部材1（A1合金）に十分な摩擦攪拌を生じさせることができず、両金属部材1、2を良好に接合することができなかったものと考えられる。第1金属部材1（A1合金）の温度が第2金属部材2（Mg合金）の温度よりもピーク温度が低くなったのは、両者1、2の板厚が略等しく、従って、回転円柱体13が上記当接部分3の厚さ方向へ進行する際の両者1、2に対する接触面積も略等しいので、発生した摩擦熱の両者1、2への入熱量が略同等となるが、熱伝導率が高い第1金属部材1（A1合金）の

方が当接部分3の近傍から熱がより散逸し易いからであると考えられる。

【0051】これに対して、図6のグラフから良く分かるように、熱伝導率、高温強度が高い第1金属部材1（A1合金）の方を熱伝導率、高温強度が低い第2金属部材2（Mg合金）よりも厚く設定した本発明実施例1の場合には、上記第1金属部材1（A1合金）の温度が第2金属部材2（Mg合金）の温度よりもピーク温度が高くなっており、しかも、このピーク温度は、両金属部材1、2共に、十分な摩擦攪拌を生じせしめるに足る温度である300℃以上の温度に達している。この結果、両金属部材1、2どうしが、支障無く良好に接合されている。

【0052】このように、両金属部材1、2共に、上記当接部分3近傍のピーク温度の最小値は、十分な摩擦攪拌を生じせしめるに足る温度である300℃以上に設定すべきである。一方、上記ピーク温度の最高値は、両金属部材1、2共に、上記当接部分3及びその近傍に部分的もしくは局所的な溶融状態が生じることを防止し、また、高温酸化による悪影響を受けることを回避する観点から、450℃未満となるように、接合条件を設定することが好ましい。

【0053】上記両金属部材1、2は、一般に、溶接等の融接による接合が難しいとされている異種材料どうし、特に、困難性が高いA1合金とMg合金の組合せであり、しかも、一方の金属部材（第2金属部材2）は、溶接による接合は極めて困難で実際上不可能とされている射出成形法で、特に半溶融射出成形法により製造されたものであるが、かかる場合でも、本発明の摩擦攪拌接合法を適用することにより、支障無く良好に接合することができるのである。

【0054】本発明に係る接合方法は、射出成形法で製造された金属部材のみならず、同様に接合性が低い鋳造製の金属部材にも、同様の手法で有効に適用することができる。また、2つの金属部材の一方だけでなく両方が射出成形法若しくは鋳造で製造されている場合にも、同様の手法で有効に適用することができるものである。

【0055】尚、以上の試験では、回転円柱体13が、両金属部材1、2の接合面1a、2aどうしの当接部分3の厚さ方向へ進行する際に（図2及び図3における白抜き矢印方向参照）、回転円柱体13の第1金属部材1に対する接触面積を第2金属部材2に対する接触面積よりも大きくするために、板厚を異ならせるようにしたのであったが、この代わりに、或いはこれに加えて、上記回転円柱体13の回転中心線Lrを、熱伝導率、高温強度が高い第1金属部材1側に所定量だけ偏った位置に設定するようにしても良い。

【0056】この場合には、仮に両者1、2の板厚が略等しくても、回転円柱体13の第1金属部材1に対する接触面積を第2金属部材2に対する接触面積よりも確実

に大きくすることができる。本実施の形態に係る接合装置1では、前述のように、上記ホルダ16に、回転円柱体13の回転軸線Lrの位置および傾斜状態の少なくとも何れか一方（本実施の形態では両方）を調節するために調節手段（調節機構24）が付設されているので、この調節機構24を用いることにより、容易に上記回転軸線Lrを第1金属部材1側に所定量だけ偏った位置に設定することができる。

【0057】以上のように、本実施の形態に係る接合方法によれば、両金属部材1、2の接合面1a、2aどうしの当接部分3及びその近傍に発生した摩擦熱による各金属部材の回転円柱体13が接触する領域の近傍の温度上昇について、高温強度が高い又熱伝導率が高い第1金属部材1の方が高温強度が低い又熱伝導率が低い第2金属部材2よりも大きくなるように設定されているので、高温強度が高くて通常では攪拌され難い（塑性流動が生じ難い）側、また、熱伝導率が高くて熱が散逸し易くやはり通常では攪拌され難い側である、上記第1金属部材1側をより十分に攪拌することができ、上記両金属部材1、2の接合面1a、2aどうしを摩擦攪拌接合するに際して、所要の接合強度をより確実に得ることができるのである。

【0058】また、本願発明者らは、以上の試験を初めとする各種試験を実施する中で、回転円柱体13の金属部材1、2に対する接触面13fの傾斜状態、及び金属部材1、2の相対移動の方向と回転円柱体13の回転方向との関係が接合結果に影響を及ぼすことを見出した。すなわち、まず、前述のように、上記プロップ14の金属部材1、2との接触面14fが、金属部材1、2の（つまり、ベース板11の）相対的な移動方向（矢印Kの方向）について後側が所定角度 $\beta$ （本実施の形態では、略1度）だけ開くように、回転円柱体13の回転軸線Lrを所定角度 $\beta$ だけ傾斜させた状態（図4参照）に設定しておく。尚、上述の各試験は、全て、上記回転軸

線Lrのかかる傾斜角度 $\beta$ を1度に設定して行ったものである。

【0059】この状態で、上記回転円柱体13の回転軌跡C（図1参照）の接線のうち両金属部材1、2の相対的な移動方向（図1における上下方向）と一致する方向の接線について、上記第1金属部材1側の接線ベクトルJの向きが上記両金属部材の移動速度ベクトル（図1の矢印K参照）の向きと一致するように、上記回転円柱体13の回転方向を設定（図1における時計回り方向（回転軌跡の矢印C参照）に設定）する。換言すれば、金属部材1、2の相対移動の方向と回転円柱体13の回転方向とが、このような関係となるように金属部材1、2の配置を定める。

【0060】図1及び図4の例を用いて具体的に説明すれば、まず、図4に示すように、プロップ14の金属部材1、2との接触面14fが金属部材1、2の相対移動方向（矢印Kの方向）について後側が所定角度 $\beta$ （ $\beta$ ＝略1度）だけ開くように、回転円柱体13の回転軸線Lrを所定角度 $\beta$ だけ傾斜させ、かつ、金属部材1、2の相対移動方向を図1における上方（矢印Kの方向）に設定し、回転円柱体13の回転方向を図1における時計回り方向（矢印Cの回転方向）に設定した状態で、第1金属部材1を図1における左側（A側）に、第2金属部材2を右側（B側）に、それぞれ配置して摩擦攪拌接合を行うことにより、両金属部材1、2を支障無く良好に接合することができた。

【0061】高温強度、熱伝導率が高い第1金属部材1（A1合金）の板厚を比較的厚く設定（ $T1=2.07$  mmに設定）し、高温強度、熱伝導率が低い第2金属部材2の板厚を比較的薄く設定（ $T2=1.97$  mmに設定）した上で、両者1、2の配置をA側とB側とで入替えた試験を行った。その試験結果を表3に示す。

【0062】

【表3】

A側		B側		接合可否
材質	板厚	材質	板厚	
A1	2.07	Mg	1.97	○（接合）
Mg	1.97	A1	2.07	×（接合せず）

【0063】表3から分かるように、高温強度、熱伝導率が高い方の第1金属部材1をB側に配置し、高温強度、熱伝導率が低い方の第2金属部材2をA側に配置して接合作業を行った場合には、第1金属部材1の板厚を第2金属部材2の板厚よりも厚くしたにも拘わらず、両者1、2を接合することができなかつた。これとは逆に、高温強度、熱伝導率が高い方の第1金属部材1をA側に配置し、高温強度、熱伝導率が低い方の第2金属部材2をB側に配置して接合作業を行うことにより、両金属部材1、2を支障無く良好に接合することができた。

【0064】尚、本発明は、以上の実施態様に限定され

るものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良あるいは設計上の変更が可能であることは言うまでもない。

【0065】

【発明の効果】本願の第1の発明によれば、両金属部材の接合面どうしの当接部分及びその近傍に発生した摩擦熱による、各金属部材の回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いについて、高温強度が高い第1金属部材の方が高温強度が低い第2金属部材よりも大きくなるように設定されているので、高温強度が高くて通常では比較的攪拌され難い第1金属部材側をより十分に攪拌で

き、上記両金属部材の接合面どうしを摩擦攪拌接合するに際して、所要の接合強度をより確実に得ることができる。

【0066】本願の第2の発明によれば、両金属部材の接合面どうしの当接部分及びその近傍に発生した摩擦熱による、各金属部材の回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いについて、熱伝導率が高い第1金属部材の方が熱伝導率が低い第2金属部材よりも大きくなるように設定されているので、熱伝導率が高くて通常では熱が散逸し易く比較的攪拌され難い第1金属部材側をより充分に攪拌でき、上記両金属部材の接合面どうしを摩擦攪拌接合するに際して、所要の接合強度をより確実に得ることができる。

【0067】本願の第3の発明によれば、基本的には、上記第1または第2の発明と同様の効果を奏することができる。特に、回転体の第1金属部材に対する接触面積が第2金属部材に対する接触面積よりも大きく設定されているので、上記両金属部材の接合面どうしの当接部分及びその近傍で発生する摩擦熱は、第1金属部材側での発生量の方が第2金属部材側での発生量よりも多くなり、回転体が接触する領域の近傍の温度上昇度合いに関して、第1金属部材側の温度上昇度合いをより確実に第2金属部材側よりも大きくすることが可能となり、第1金属部材側をより充分に攪拌させることができるようになる。

【0068】本願の第4の発明によれば、基本的には、上記第3の発明と同様の効果を奏することができる。特に、第1金属部材の方が第2金属部材よりも厚く設定され、回転体は、上記両金属部材の接合面どうしの当接部分の厚さ方向へ進行する際に第1金属部材の方に先に接触するので、回転体の第1金属部材に対する接触面積を第2金属部材に対する接触面積よりも確実に大きくすることができる。

【0069】本願の第5の発明によれば、基本的には、上記第3または第4の発明と同様の効果を奏することができる。特に、回転体の回転中心線が第1金属部材側に所定量だけ偏った位置に設定されているので、回転体の第1金属部材に対する接触面積を第2金属部材に対する接触面積よりも確実に大きくすることができる。

【0070】本願の第6の発明によれば、基本的には、上記第1又は第2の発明と同様の効果を奏することができる。特に、回転体の平板状金属部材に対する接触面が両金属部材の相対的な移動方向について後側が所定角度開くように、上記回転体の回転中心線が所定角度だけ傾斜するように設定され、かつ、回転体の回転軌跡の接線のうち上記両金属部材の相対的な移動方向と一致する方向の接線について、第1金属部材側の接線ベクトルの向きが両金属部材の移動速度ベクトルの向きと一致するように、上記回転体の回転方向が設定されていることにより、両金属部材の接合面どうしを摩擦攪拌接合するに際

して、所要の接合強度をより確実に得ることができる。

【0071】本願の第7の発明によれば、異種材料の金属部材どうしを接合する場合において、上記第1～第6の発明のいずれかと同様の効果を奏することができる。

【0072】本願の第8の発明によれば、アルミニウム若しくはその合金材料とマグネシウム若しくはその合金材料とを接合する場合において、上記第7の発明と同様の効果を奏することができる。

【0073】本願の第9の発明によれば、基本的には、上記第8の発明と同様の効果を奏することができる。特に、第1金属部材（アルミニウム若しくはその合金材料）の上記回転体が接触する領域の近傍の温度が300℃以上で450℃未満の範囲となるように設定されているので、上記第1金属部材について、部分的溶融の発生や高温酸化を回避した上で、該第1金属部材を充分に摩擦攪拌することができる。

【0074】本願の第10の発明によれば、基本的には、上記第9の発明と同様の効果を奏することができる。特に、第2金属部材（マグネシウム若しくはその合金材料）の上記回転体が接触する領域の近傍の温度が300℃以上で450℃未満の範囲となるように設定されているので、上記第2金属部材についても、部分的溶融の発生や高温酸化を回避した上で、該第2金属部材を充分に摩擦攪拌することができる。

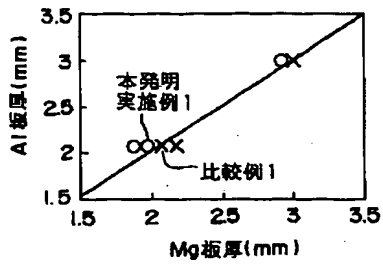
【0075】本願の第11の発明によれば、接合されるべき2つの金属部材の少なくとも何れか一方が、一般に溶接による接合が極めて困難とされている溶接性の悪い鋳造品若しくは射出成形品であっても、摩擦攪拌接合法にて接合することができる。

【0076】本願の第12の発明によれば、回転体の回転中心線の位置及び傾斜状態の少なくとも何れか一方を、回転支持手段に設けられた調節手段で調節することができ、回転体の平板状金属部材に対する接触面が両金属部材の相対的な移動方向について後側が所定角度開くように、上記回転体の回転中心線が所定角度だけ傾斜するように設定し、及び／又は、回転体の回転軌跡の接線のうち上記両金属部材の相対的な移動方向と一致する方向の接線について、第1金属部材側の接線ベクトルの向きが両金属部材の移動速度ベクトルの向きと一致するように、上記回転体の回転方向が設定することができ、両金属部材の接合面どうしを摩擦攪拌接合するに際して、所要の接合強度をより確実に得ることができる。

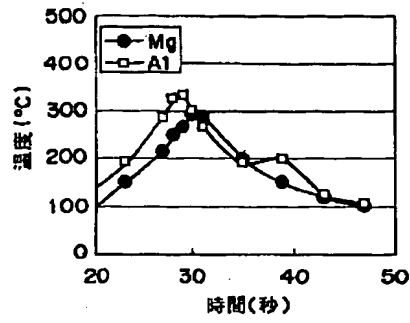
【0077】本願の第13の発明によれば、基本的には、上記第12の発明と同様の効果を奏することができる。特に、金属部材を摩擦攪拌接合する際には、回転体の先端側に位置する小径の第1円柱部だけでなく、その基端側を支持する大径の第2円柱部も両金属部材に所定量まで押し込まれるので、回転体と両金属部材との接触面積が大きくなり、より効率の高い摩擦攪拌接合を行う



【図5】



【図6】



【図7】

